

Universidad de Pamplona



Evaluación del efecto de la aplicación al suelo de ácidos húmicos y fúlvicos solos y en combinación con fertilización química sobre variables de crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol arbustivo Calima (*Phaseolus vulgaris* L.) en el municipio de Enciso, Santander.

Daniel Alexis Barón Ortiz

Programa de Ingeniería Agronómica

Junio de 2022

Universidad de Pamplona



Evaluación del efecto de la aplicación al suelo de ácidos húmicos y fúlvicos solos y en combinación con fertilización química sobre variables de crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol arbustivo Calima (*P vulgaris.*) en el municipio de Enciso, Santander.

Daniel Alexis Barón Ortiz

CC:1096957370

Modalidad de practica Empresarial.

Tutor académico

Dra. Ana Francisca González Pedraza

Tutor externo.

I.A. William Sana Pulido

Programa de Ingeniera Agronómica

22 de junio de 2022

Tabla de contenido

| | |
|---|-----------|
| Tabla de contenido | 2 |
| Lista de Tablas | 4 |
| Lista de Figuras | 5 |
| Lista de anexos | 6 |
| Resumen: | 7 |
| Introducción | 9 |
| Problema | 12 |
| <i>Planteamiento del problema</i> | <i>12</i> |
| Justificación..... | 13 |
| Objetivos..... | 14 |
| <i>Objetivo general</i> | <i>15</i> |
| <i>Objetivos específicos</i> | <i>15</i> |
| Marco teórico | 16 |
| <i>Antecedentes</i> | <i>16</i> |
| Marco contextual | 18 |
| Bases Conceptuales..... | 18 |
| Marco legal..... | 26 |

| | |
|---|-----------|
| <i>Tipo de Investigación</i> | 28 |
| <i>Diseño experimental</i> | 29 |
| <i>Descripción de los tratamientos</i> | 30 |
| <i>Variables de estudio</i> | 32 |
| <i>Procesamiento de datos y análisis estadístico</i> | 34 |
| Resultados y análisis | 35 |
| <i>Variables de crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol arbustivo Calima (P. vulgaris L.) en respuesta a los diferentes tratamientos de fertilización húmica sola y combinada con fertilización química</i> | 35 |
| Conclusiones | 55 |
| Recomendaciones | 57 |
| Referencias | 58 |
| Anexos | 64 |

Lista de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Escala BBCH para frijol arbustivo tipo I, P vulgaris..... | 23 |
| Tabla 2. Descripción de los tratamientos con dosis respectivas..... | 30 |
| Tabla 3: recomendación de fertilización ideal Santander..... | 31 |
| Tabla 4: Días a emergencia, desarrollo cotiledonal y porcentaje de germinación de la semilla | 36 |
| Tabla 5: Longitud y diámetro del tallo, diámetro de copa..... | 42 |
| Tabla 6. Número vainas por planta, número de granos por vaina, número de vainas por planta. | 48 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 proceso de humificación, fuente intagri | 22 |
| Figura 2 etapas de desarrollo del cultivo de frijol arbustivo según escala BBCH | 25 |
| Figura 3. recomendaciones para fertilización balanceada, según Fenalce para Santander | 31 |
| Figura 4. Variables días a emergencia, desarrollo cotiledonal y días a floración en los tratamientos T0, T1 y T2. | 38 |
| Figura 5 Variables de días Emergencia, días a desarrollo cotiledonal y días a floración. | 40 |
| Figura 6 Porcentaje de emergencia en campo de los 6 tratamientos evaluados desde estadios 0.9 a 1. | 41 |
| Figura 7. Longitud de tallo en el desarrollo fenológico del cultivo a los 15,30, 45 y 60 d.d.s. Fuente: El autor | 44 |
| Figura 8. Diámetro del tallo en desarrollo fenológico del cultivo los 15, 30, 45 y 60 dds..... | 46 |
| Figura 9. Diámetro de copa en desarrollo fenológico del cultivo a los 15, 30, 45 y 60 dds. | 47 |
| Figura 10. Relación de numero de flores por planta, numero vainas por planta..... | 52 |
| Figura 11 Ilustración de numero granos por vaina en relación de numero de granos por planta., fuente: autor..... | 53 |

Lista de anexos

| | |
|--|----|
| Anexo 1: prueba de germinación..... | 64 |
| Anexo 2 etiqueta de producto Agro Humicol..... | 64 |
| Anexo 4: pesado de fertilizante a aplicar..... | 64 |
| Anexo 3: bloques de tratamientos..... | 64 |
| Anexo 7: seguimiento a parcela experimental..... | 65 |
| Anexo 5: preparación de mezcla para aplicación al suelo..... | 65 |
| Anexo 6: fertilizante sembramon..... | 65 |
| Anexo 8: toma de datos en libro de campo..... | 65 |
| Anexo 9: toma de diámetros de copa..... | 66 |
| Anexo 10: bloque completo en floración..... | 66 |
| Anexo 11: seguimiento y recolección de datos..... | 66 |
| Anexo 12: planta en floración..... | 66 |
| Anexo 13: conteo de vainas en producción..... | 67 |

Resumen

En este trabajo se evaluó el efecto de la aplicación sola y combinada con fertilización química de ácidos húmicos y fúlvicos como acondicionadores de suelos en el cultivo de frijol arbustivo Calima, en el municipio de Enciso Santander. Para ello se realizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, para un total de 24 parcelas. Los tratamientos aplicados fueron: T0: testigo sin fertilización; T1: fertilización química 100 % recomendada; T2: aplicación 100 % AgrohúmicoL; T3: fertilización 50 % química + 50 % Agrohúmicol; T4: fertilización 25 % química+ 75 % Agrohúmicol; T5: fertilización 75 % química + 25 % Agrohúmicol. Se midieron variables de crecimiento y rendimiento en el cultivo de frijol arbustivo variedad Calima como longitud y diámetro del tallo, diámetro de copa, número de flores por planta, número de vainas por planta, número de granos por vaina y promedios de número de granos por planta. Los mejores resultados encontrados en la longitud y diámetro del tallo y diámetro de copa fue con T5 (fertilización 75 % química + 25 % Agrohúmicol) y T3 (fertilización 50 % química + 50 % Agrohúmicol) con valores muy por encima de T0 (testigo: sin fertilización). Hubo diferencias estadísticas en los días a Emergencia entre T0 y T1, siendo menor el número de días a la emergencia en T1 (7 y 8 días, respectivamente), mientras que entre el resto de los tratamientos no se observaron diferencias estadísticas ($p > 0,05$). Sin embargo, se destaca que T2, T3, T4 y T5 presentaron menos días a emergencia. El porcentaje de germinación en todos los tratamientos fue superior al 80 % y no hubo diferencias entre tratamientos. En la variable apertura cotiledonal, T0 presentó el mayor número de días, mientras que T1 y T5 presentaron el menor valor. Entre T3, T4, T5, no hubo variación significativa. En la variable días a floración continúa, T1 y T5 presentaron el menor tiempo, y en los demás tratamientos no hubo diferencias significativas. En el número de flores por planta, T1 presentó el mayor número de flores ($40,15 \pm 2,60$), con respecto a T5 ($27 \pm 5,19$). En el número de vainas/planta T1 presentó el mayor número, seguido de T2. En el número de granos/ vaina T0 y T1 presentan el mayor número. La variable granos/ planta el T1 y T5 presentan los mejores promedios con $86,12 \pm 7,81B$ y $75,18 \pm 18,15B$, respectivamente. A nivel general, los ácidos húmicos y fúlvicos tuvieron positiva y significativa en las variables de crecimiento y rendimiento medidas en el cultivo de frijol arbustivo var. Calima. Se demostró que los ácidos húmicos y fulvicos usados como acondicionadores de suelos mejoran y actúan en sinergia con fertilizaciones edáficas permitiendo la disminución del uso de éstos últimos y aportando al suelo condiciones favorables que se evidencia en mayor desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo de leguminosas.

Palabras clave: acondicionadores de suelo, Leonardita, crecimiento, rendimiento, leguminosas, Calima.

Abstract

In this work, the effect of the application alone and combined with chemical fertilization of humic and fulvic acids as soil conditioners in the cultivation of bush beans Calima, in the municipality of Enciso Santander, was evaluated. For this purpose, a completely randomized block experimental design was carried out with six treatments and four repetitions per treatment, for a total of 24 plots. The treatments applied were: T0: control without fertilization; T1: chemical fertilization 100% recommended; T2: 100% AgrohumicoL application; T3: 50% chemical fertilization + 50% Agrohumicol; T4: 25% chemical fertilization + 75% Agrohumicol; T5: 75% chemical fertilization + 25% Agrohumicol. Growth and yield variables were measured in the Calima variety bush bean crop, such as stem length and diameter, crown diameter, number of flowers per plant, number of pods per plant, number of grains per pod and average number of grains per plant. The best results found in the length and diameter of the stem and crown diameter were with T5 (75% chemical fertilization + 25% Agrohumicol) and T3 (50% chemical fertilization + 50% Agrohumicol) with values well above T0 (control: without fertilization). There were statistical differences in the days to emergence between T0 and T1, the number of days to emergence being lower in T1 (7 and 8 days, respectively), while no statistical differences were observed among the rest of the treatments ($p > 0.05$). However, it stands out that T2, T3, T4 and T5 had fewer days to emergence. The germination percentage in all treatments was higher than 80% and there were no differences between treatments. In the variable cotyledonal opening, T0 presented the highest number of days, while T1 and T5 presented the lowest value. Between T3, T4, T5, there was no significant variation. In the variable days to continuous flowering, T1 and T5 presented the shortest time, and in the other treatments there were no significant differences. In the number of flowers per plant, T1 presented the highest number of flowers (40.15 ± 2.60), compared to T5 (27 ± 5.19). In the number of pods/plant, T1 presented the highest number, followed by T2. In the number of grains/pod T0 and T1 have the highest number. The grains/plant variable T1 and T5 present the best averages with $86.12 \pm 7.81B$ and $75.18 \pm 18.15B$, respectively. At a general level, humic and fulvic acids were positive and significant in the growth and yield variables measured in the bush bean crop var. Calima. It was shown that humic and fulvic acids used as soil conditioners improve and act in synergy with edaphic fertilization, allowing the decrease in the use of the latter and providing the soil with favorable conditions that are evidenced in greater vegetative and reproductive development of the legume crop.

Keywords: soil conditioners, Leonardite, growth, yield, legumes, Calima.

Introducción

Colombia es país con una gran riqueza de recursos naturales, flora y fauna, el recurso suelo también es de gran importancia, Colombia cuenta con una gran variabilidad de suelos, muy fértiles en su mayoría, sin embargo, según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019) el 40 % de estos suelos presentan problemas de erosión debido a malas prácticas agrícolas utilizadas en la agricultura convencional que van produciendo degradación del suelo. Sumado a la erosión se encuentra la contaminación por residuos sólidos, líquidos o gaseosos provenientes de labores agronómicas, pérdida de la materia orgánica debido a la sobreexplotación del recurso suelo, salinización y compactación, lo que finalmente está conllevando a la desertificación de áreas que en épocas anteriores eran fértiles Molina, L., & Lozano, L (2016).

Esta no es una problemática únicamente nacional, a nivel mundial la exagerada degradación del recurso suelo producto de actividades humanas según la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES) está poniendo en riesgo el bienestar de dos quintas partes de la población mundial, debido a la extinción de muchas especies y puede incluir la humana a un plazo no tan largo.

Según IPBES el intenso aumento en la población mundial y la demanda de alimentos para suplir las necesidades de la población, provocan la expansión en las áreas de cultivos tanto en países desarrollados como no desarrollados, basado en datos concretos hasta el 2014, más de 1500 millones de hectáreas de ecosistemas naturales se han expandido a áreas de cultivo, además de esto, menos del 25 % del área terrestre ha escapado de dicha expansión agropecuaria, sin embargo se calcula que para el 2050 el porcentaje será menos del 10 %, esto se debe principalmente a que las áreas de cultivo tradicionales presentan déficit de producción por pérdidas de fertilidad y eficiencia de producción asociados a la degradación causada por el hombre mismo y por esto, se ve en la necesidad de abarcar áreas nuevas que le permitan mantener y aumentar la producción actual.

Según afirmo el Sr. Robert Watson (2020), presidente de IPBES “la degradación del suelo, la pérdida de diversidad biológica y el cambio climático son tres caras distintas del mismo desafío central” es por ello por lo que se deben buscar alternativas para mitigar dichas problemáticas.

El razonamiento anterior incluye una gran problemática que amerita grandes soluciones, sin embargo, las pequeñas acciones pueden sumar para mitigar problemáticas de gran escala, dentro de esta problemática de la degradación de los suelos, el problema de la pérdida de la materia orgánica en los suelos colombianos puede tener mitigación mediante el uso de prácticas agroecológicas en la producción agrícola, más en concreto en este proyecto se pretende evaluar la eficiencia de los ácidos húmicos y fúlvicos como acondicionadores orgánicos de suelos.

Esta invención surge como alternativa para aumentar y enriquecer de carbono las tierras agrícolas deficientes de materia orgánica en el país, un proyecto visionario impulsado por la

Federación Nacional de cultivadores de cereales, leguminosas y soya a productores de la región García Revírense de Santander en la producción comercial de enmiendas orgánicas, probadas por la Federación en cultivos de maíz y soya con excelentes resultados en el departamento de Boyacá, H Vanegas (2021).

También se pretende expandir su evaluación a cultivares de leguminosas particularmente frijol en la provincia de García Rovira, esta leguminosa es de gran importancia para la dieta de los colombianos, según Rosas, 2018, como participe de Agrosavia, el frijol junto con la papa, la yuca y el maíz, constituyen gran parte de la dieta básica de los colombianos, en especial en sectores de medianos y bajos recursos debido al alto contenido nutricionales de orden proteico, además de constituir una fuente de ingreso a pequeños productores del país, sin embargo, se ha quedado estancado por la pérdida de eficiencia de la producción a lo largo del tiempo por muchos factores dentro de los principales la degradación y pérdida de materia orgánica del suelo (Rosas, 2018).

En este trabajo se evaluó en campo de los beneficios de los ácidos húmicos y fúlvicos como acondicionadores de suelos en el cultivo de frijol arbustivo tipo I, Calima, en el municipio de Enciso Santander, a través de variables como los rendimientos vegetativos del cultivar de frijol desde la eficiencia de emergencia, desarrollo fenológico, y producción en referencia a diferentes concentraciones de fertilizantes orgánicos.

Problema

Planteamiento del problema

El municipio de Enciso Santander es un pueblo con vocación agrícola, que hasta hace unos años era conocido por su producción de tabaco, esto para comercio internacional para las multinacionales de Philip Morris International (PMI) y British American Tobacco (BAT), sin embargo, PMI cerró sus operaciones en el país en junio de 2019 (Portafolio,2019). Seguido de BAT quien cerró sus operaciones en Colombia el 20 de agosto de 2020 (Portafolio 2020, 21 agosto).

Esto generó una gran problemática puesto que la principal fuente de ingresos de los agricultores del municipio eran estas producciones de tabaco, ya que más que todo, era una tradición de más de 60 años, dejando a la deriva un sin número de familias que se vieron forzadas a optar por cultivos que se tenían como alternativos, entre ellos frijol y maíz, cultivos de ciclo corto y algunos perennes como el café. Sin embargo, el cambio brusco de sistemas de producción ha hecho que quienes no cuentan con propiedad de tierra o que tienen pequeños predios, únicamente alternen frijol y maíz, tornado la producción parcialmente de monocultivos, lo que tienen sus repercusiones en el suelo debido a prácticas de agricultura convencional, quemadas de residuos de postcosecha de maíz y frijol, los daños que se ven reflejados en las bajas de las producciones en cosecha, en especial las de frijol arbustivo.

En este sentido, dada la problemática del uso de monocultivos y el deterioro continuo del suelo, resulta pertinente plantear la siguiente pregunta: ¿La aplicación de acondicionadores al suelo contribuirá a la mejora del crecimiento y rendimiento de las plantas de frijol? Ya que investigaciones efectuadas con aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos como la realizada por Valero-Valero et al. (2021) en frijol guajiro encontraron incrementos significativos en valores de crecimiento, desarrollo y rendimiento del frijol guajiro.

Justificación

De acuerdo con Fenalce (2020), Santander tiene la participación más grande de siembras de frijol arbustivo con un 48,3% con 9.000 hectáreas sembradas en el segundo semestre de 2020, le sigue Nariño, Antioquia, Boyacá y otros. Con todo y esto no se suple la demanda interna de este producto, eso sumando la producción de frijol voluble, puesto que la importación a esta misma fecha de diciembre de 2020 alcanzó las 26.609 toneladas, provocando la disminución del valor comercial de la producción nacional, es por esto por lo que es imprescindible la mejora en las prácticas agrícolas para aumentar la productividad de esta especie de leguminosas.

Fenalce busca alternativas ante esta problemática, a las cuales con ayuda del CIAT, están realizando mejoramiento genético en busca de alternativas de mejor producción, variedades con resistencia a plagas y factores agroclimáticos extremos, e igualmente busca alternativas para

mejorar la productividad de los suelos para esto apoya programas de emprendimiento como lo es la obtención de ácidos húmicos y fúlvicos provenientes de residuos de la minería del país, contribuyendo con el reciclaje de productos que contribuyen a la contaminación ambiental y dándole un uso adecuado y agroecológico en la agricultura. Es por ello por lo que se pretende evaluar los beneficios en la producción agrícola de frijol arbustivo en el municipio de Enciso, Santander.

Está demostrado que los ácidos húmicos y fúlvicos permiten a las plantas obtener un mayor desarrollo radicular, sirve de amortiguador de pH, mejora la fotosíntesis y la respiración al agregar carbono al suelo, mejora el transporte de nutrientes, aumenta la actividad enzimática de las plantas, en el suelo cumple funciones de quelatos orgánicos permitiendo la mejor asimilación de fertilizantes pues evita la lixiviación y pérdida de estos por percolación, éstos y muchos otros benéficos permite que sean la opción ideal para contribuir a la biorremediación de los suelos siendo alternativas para la recarbonización de los suelos agrícolas del mundo (GEWEB Chicamocha News (10 de junio de 2021).

Objetivos

Objetivo general

Evaluar del efecto de la aplicación del acondicionador de suelos Agrohumicol a base de ácidos húmicos y fúlvicos solo y en combinación con fertilización química sobre variables de crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol arbustivo Calima (*P vulgaris*) en el municipio de Enciso, Santander.

Objetivos específicos

Estudiar el efecto de la aplicación sola de diferentes dosis del acondicionador de suelos Agrohumicol sobre variable de crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol arbustivo Calima (*P. vulgaris* .)

Comparar el efecto de la aplicación combinada de diferentes dosis del acondicionador de suelos Agrohumicol con fertilizante químico sobre variables de crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol arbustivo Calima (*P. vulgaris*).

Marco teórico

Antecedentes

Estudios recientes realizados en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en Ecuador, para la evaluación del crecimiento y desarrollo del pimiento bajo aplicaciones de ácidos húmicos, quitosano y ácidos micorrícicos, demostraron que los bioestimulantes incrementaron en 11,6 y 16,67% de la germinación de las semillas, la emergencia fue potenciada por los ácidos húmicos y quitosano, además de caracterizar que los ácidos húmicos produjeron plantas de mayor altura a los 24 y 45 días después de la siembra, aumentando también los diámetros y longitud de tallos, por ende aumentando la biomasa fresca y seca de las plántulas, lo que finalmente influyó en el incremento de frutos por planta, longitud, diámetro y peso de fruto en comparación con los testigos (Reyes-Pérez et al., 2021).

Valero-Valero et al. (2021) evaluó el efecto bioestimulante de *Bacillus mycoides* BSC25 y ácidos húmicos derivados de lombricompost de estiércol de caprino (AH-L) y de un carbón pobre tipo lignito (AH-C), sobre frijol guajiro (*Vigna unguiculata* L. Walp). bajo condiciones controladas en cámara de crecimiento vegetal, para comprobar la estimulación del crecimiento temprano de frijol tratado con AH-L, AH-C o B. Mycoides y la aplicación conjunta AH-B. mycoides y un experimento de bioestimulación con AH-L, AH-C y B. mycoides en campo, en un suelo semiárido de la media Guajira. Se encontró que en el suelo persistía una población de

Rhizobium sp capaz de nodular el frijol guajiro, el tratamiento con los agentes bioestimulantes favoreció el crecimiento de la planta e incrementó el grado de nodulación por la población nativa de rizóbios, lo cual sugiere la conveniencia de promover esta tecnología para mejorar la producción del cultivo de frijol guajiro.

El uso de bioestimulantes como los ácidos húmicos son una alternativa moderna para la disminución de los fertilizantes de síntesis química, según estudios realizados en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en Ecuador, los bioestimulantes evaluados de ácidos húmicos, micorrizas y quitosano en dos cultivares de tomate *Solanum lycopersicum* L, demostraron que los bioestimulantes mejoran la absorción de nutrientes por las plantas (Reyes et al., 2020).

En un trabajo realizado por Legua et al. (2019) se evaluó la aplicación de diferentes dosis de ácidos húmicos sobre variables de crecimiento y rendimiento de plantas de frijol castilla (*Vigna unguiculata* L.) y se encontró buenos resultados a mayor dosis en: altura de planta, número de flores por planta, número de vainas de madurez fisiológica, muestreo de número y peso de vainas por planta, rendimiento total por parcela y comercial. En cuanto a las medidas y peso en laboratorio se obtuvo buenos resultados en: longitud de vaina, tamaño de grano por tratamiento, número de granos por vaina y, peso de granos. Con la mayor dosis de ácido húmico (Liqhumus) se obtuvo buen rendimiento, siendo la mejor dosis la de 2,5013 tn/ha. Con esta dosis se obtuvo buena presencia en vigor, succulencia, resistencia problemas fitosanitarios; ya sea por la influencia del desarrollo biológico en el suelo obteniéndose buen rendimiento y calidad de vaina.

Marco contextual

El proyecto se llevará a cabo en el municipio de Enciso Santander, en el predio el Encanto en la vereda Carrizal, sector Cortaderas, caracterizado por encontrarse en zona de producción de frijol arbustivo en el municipio, en este predio de 28 000 m^2 , se realizan explotaciones agrícolas y pecuarias, dentro de las agrícolas actualmente se rotan únicamente los cultivos de frijol arbustivo y maíz híbrido.

Bases Conceptuales

Bioestimulantes:

Hace referencia sustancias o microorganismos que modulan los procesos fisiológicos y bioquímicos en las plantas, estos actúan con mecanismos diferentes a los de los productos fitosanitarios y fertilizantes químicos, además pueden ser complementarios a la nutrición y protección de los cultivos, usados para aumentar el potencial genético de las plantas, produciendo cambios metabólicos induciendo a mejores rendimientos agronómicos por área

cultivada, mejoran la absorción y el uso eficiente de otros insumos esenciales como fertilizantes. (Disagro, 2020).

Leonardita:

Es un tipo de materia orgánica asociada al lignito, la cual no ha culminado su transformación hacia el carbón, es utilizada para la elaboración de productos fertilizantes con ácidos húmicos y fúlvicos en sus formulados, es la materia prima con mayor porcentaje de sustancias húmicas (Jisa, Jicola Industrial S.A. 2018).

Ácidos Húmicos y Fúlvicos:

Son una compleja agrupación de macromoléculas en las que las unidades fundamentales son compuestos aromáticos fenólicos, producto de la descomposición de la materia orgánica muerta, la procedencia puede ser variable, desde la descomposición de la turba y restos vegetales, pero es la Leonardita su fuente principal, la diferencia entre estos dos ácidos radica en que los húmicos no son solubles en soluciones básicas, se precipitan, mientras que los fúlvicos son solubles todo el tiempo, su importancia radica en los diferentes aportes físicos, químicos y biológicos que aportan al suelo, dentro de los que se encuentran el mejorar la estructura del suelo, incrementan la retención de humedad, incrementan la temperatura del

suelo, aumentan la CIC, facilitan la disponibilidad de micro y macronutrientes, son fuente de carbohidratos para los microorganismos, favorecen los ciclos naturales, entre otros tantos. (MYCSAag 2021).

AGRO HUMICOL:

Es un producto orgánico con contenidos de ácidos húmicos y fúlvicos, obtenidos de carbones inmaduros conocidos como Leonarditas o lignitos oxidados, que son muy abundantes en las cordilleras de nuestro país, se encuentran en las capas superficiales de las minas de explotación de carbón térmico, al ser un carbón inmaduro no es apetecible por la industria minera y es desechado como desperdicio, siendo esta una fuente de contaminación ambiental por los malos manejos que se les brinda, es ahí donde la Sociedad Agrícola Manaria S.A.S BIC, con apoyo de Fenalce, hacen uso de estos residuos mineros del departamento de Boyacá y elaboran el producto Agrohúmicol, este producto se encuentra en presentación de Solución Líquida (SL), es compatible con fertilizantes químicos y abonos orgánicos, los contenidos de ácidos húmicos y fúlvicos son cruciales por la regulación de los ciclos del carbono y del nitrógeno entre otras funciones, (Fenalce.2021). Anexo 1.

Efecto de los ácidos húmicos y fúlvicos sobre el suelo y las plantas.

Las sustancias húmicas evitan que nitrógeno se pierda rápidamente por lixiviación; disminuye la relación C/N y se incrementa la mineralización de los compuestos orgánicos, aumenta la actividad microbiana y la descomposición de la materia orgánica, los ácidos húmicos y fúlvicos por las interacciones químicas que realizan con los minerales del suelo producen una mayor oferta de nutrientes asimilables en el suelo para las plantas, además facilita el desarrollo de la biota del suelo y actúan como bioestimulantes, promoviendo la germinación adecuada de las semillas, desarrollo radicular y vegetativo, asimismo, se ven reflejados en mayor tolerancia de las plantas a estrés ambiental, mejor producción y calidad en cosecha. En el suelo incrementan la capacidad para la retención de humedad, aumentan la CIC, actúan como quelantes naturales para la retención de nutrientes evitando pérdidas de estos, contribuyen a la formación de estructura granular, ayudan a la degradación o inactivación de las sustancias tóxicas como metales pesados y pesticidas, a su vez, mejoran la capacidad amortiguadora del suelo en el Ph entre otros de sus múltiples beneficios que no han sido estudiados a plenitud, (Intagri 2020.)

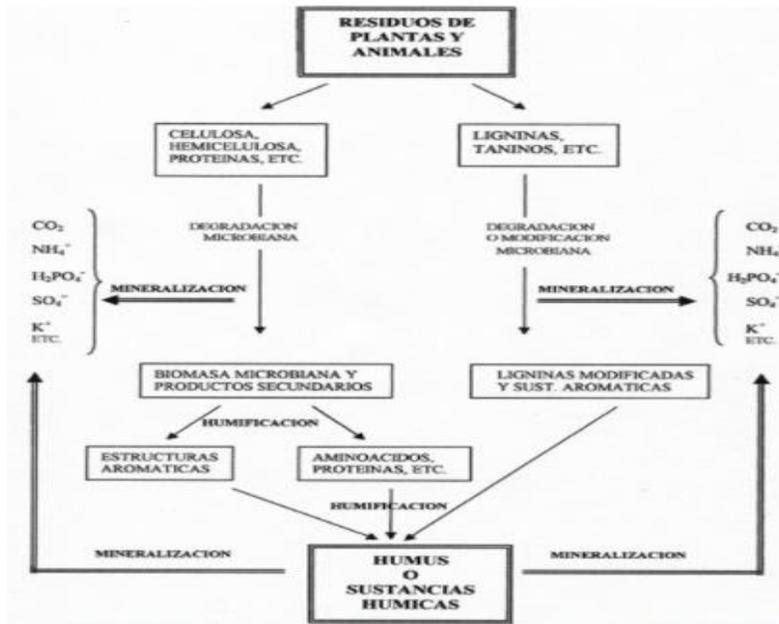


Figura 1 proceso de humificación, fuente intagri

Es imperativo mencionar que la Leonardita no es la única fuente de las sustancias húmicas, pero si la principal, en el siguiente esquema se resumen algunos de los procesos por los que se pueden obtener dichas sustancias:

Frijol arbustivo calima tipo I:

Tiene adaptación ideal entre 900 y 1700 m.s.n.m, prefieren suelos ligeramente ácidos, buen drenaje, se desarrollan de manera adecuada en suelos francos, bien drenados y profundos, presentan un desarrollo fenológico entre 90y 95 dds, y rendimientos promedio de 1200 kg/Ha, con son destinados para el consumo humano generalmente por su contenido de proteínas

carbohidratos y fibra, además de vitaminas y minerales, al ser leguminosas fijan nitrógeno al suelo (FENACE, 2021).

Etapas de desarrollo de la planta de frijol, Fase Vegetativa

Según M. Enz y Ch. Dachler, Novartis 1998, las etapas fenológicas del frijol arbustivo *P vulgaris*. se encuentran caracterizadas de la siguiente manera según la codificación BBCH.

Tabla 1: Escala BBCH para frijol arbustivo tipo I, *P vulgaris*.

| Escala BBCH para frijol Arbustivo tipo I <i>P vulgaris</i>. | |
|--|--|
| código | Descripción |
| 0 germinación | |
| 00 | Semilla, seca |
| 01 | Comienzo de la imbibición de la semilla |
| 03 | Imbibición de la semilla, terminada |
| 05 | La radícula (raíz embrional) sale de la semilla |
| 07 | El hipocotilo, con cotiledones rompiendo el tegumento seminal |
| 08 | El hipocotilo, con cotiledones crecen hacia la superficie del suelo |
| 09 | Emergencia: los cotiledones rompen la superficie del suelo |
| 1 desarrollo de las hojas | |
| 10 | Emergencia: los cotiledones rompen la superficie del suelo |
| 12 | 2 hojas enteras (1er. par de hojas), desplegadas |
| 13 | 3a hoja verdadera (1a hoja trifoliada), desplegada |
| 19 | 9 o más hojas (2 hojas enteras y 7 o más hojas trifoliadas), desplegadas |
| 2 formación de los brotes laterales. | |

21 1er. brote lateral, visible

22 2o brote lateral, visible

23 3er brote lateral, visible

29 3er brote lateral, visible

5 aparición del órgano floral.

51 1os. botones florales, visibles fuera de las hojas

55 1os. botones florales individuales, visibles fuera de las hojas, pero cerrados todavía

59 1os. pétalos, visibles; muchos botones florales individuales, cerrados todavía

6 floración:

60 Primeras flores abiertas (esporádicamente)

61 Comienzo de la floración: 10 % de las flores abiertas

62 20 % de las flores abiertas

64 30 % de las flores abiertas

64 40 % de las flores abiertas

Plena floración: 50 % de las flores abiertas 1)

65 Período de plena floración

67 Floración decae: la mayoría de los pétalos, caídos o secos

69 Fin de la floración: primeras vainas, visibles

7 formación del fruto

71 El 10 % de las vainas alcanza la longitud típica
Las vainas comienzan a crecer

72 El 20 % de las vainas alcanza la longitud típica

73 El 30 % de las vainas alcanza la longitud típica

74 El 40 % de las vainas alcanza la longitud típica

75 El 50 % de las vainas alcanza la longitud típica, las judías empiezan a rellenarse

76 El 60 % de las vainas alcanza la longitud típica

77 El 70 % de las vainas alcanza la longitud típica; las vainas aún se rompen limpiamente

78 El 80 % de las vainas alcanza la longitud típica

79 Vainas: las judías son fácilmente visibles individualmente

8 maduración de frutos y semillas

| | |
|----|-----------------------------------|
| 81 | El 10 % de las vainas, maduras |
| 83 | El 30 % de las vainas, maduras |
| | El 50 % de las vainas, maduras |
| 85 | Período principal de maduración |
| 86 | El 60 % de las vainas, maduras |
| 88 | El 80 % de las vainas, maduras |
| | Madurez completa: vainas, maduras |
| 89 | Las semillas comienzan a madurar |
| | 9 senescencia |
| 97 | Plantas muertas. |
| 99 | Plantas cosechadas. |

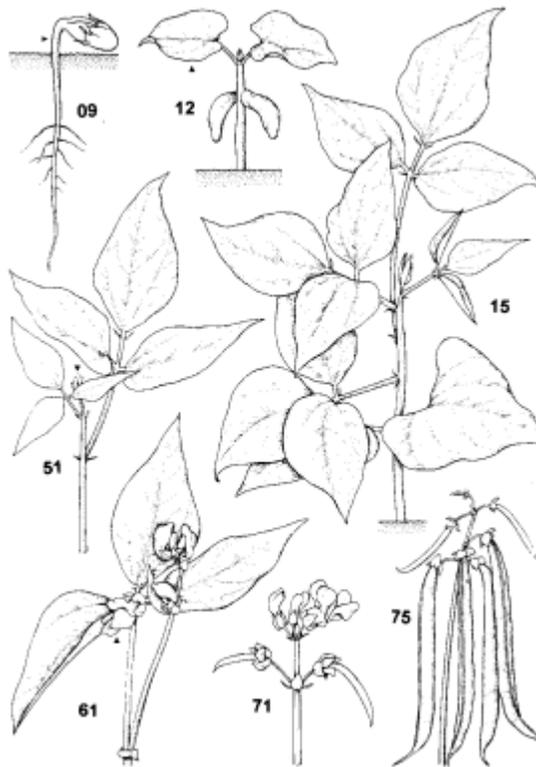


Figura 2 etapas de desarrollo del cultivo de frijol arbustivo según escala BBCH

Fuente: M. Enz y Ch. Dachler, Novartis 1998.

Marco legal

El presente trabajo se desarrollará bajo los lineamientos de las normas técnicas colombianas y las establecidas por el Instituto colombiano agropecuario (ICA) para el manejo de acondicionadores orgánicos.

Resolución N° 00375

“Por la cual se dictan las disposiciones sobre el registro y control de los bioinsumos de extractos vegetales de uso agrícola en Colombia.” Norma que restringe, controla y maneja la importación, exportación, producción, comercialización y manejo de bioinsumos y extractos vegetales de uso agrícola para prevenir asegurar la inocuidad de los alimentos destinados al consumo humano en el territorio colombiano. ICA 2004.

Resolución N° 00150

del 21 enero del 2003, “ por la cual se adopta el reglamento técnico de fertilizantes y acondicionadores de suelos para Colombia” reglamento que orienta la comercialización, uso, manejo adecuado y racional de los fertilizantes y acondicionadores de los suelos, para prevenir

y mitigar los daños a la salud humana, ambiental y agropecuaria, en las que se establecen los requisitos y procedimientos armonizados con los reglamentos internacionales y nacionales para el control legal y técnico de los fertilizantes y acondicionadores de suelos en general. ICA 2003.

NTC 5167

“Productos para la industria agrícola, productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelos” establece los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y como enmiendas o acondicionadores de suelos.

NTC 1927

“fertilizantes y acondicionadores de suelos definiciones” esta norma define los términos relacionados con fertilizantes y acondicionadores del suelo, incluyendo su clasificación. Icontec 2019.

ACUERDO No.186.

02 de diciembre de 2005 Por el cual compila y actualiza el Reglamento Académico Estudiantil de Pregrado.

ARTÍCULO 36:

Modalidades de Trabajo de Grado: El Trabajo de Grado, puede desarrollarse en las siguientes modalidades:

Investigación: comprende diseños y ejecución de proyectos que busquen aportar soluciones nuevas a problemas teóricos o prácticos, adecuar y apropiar tecnologías y validar conocimientos producidos en otros contextos. Para los estudiantes que se acojan a esta modalidad, deberá presentar al director de Departamento el anteproyecto que debe contener: propuesta para la participación en una línea de investigación reconocida por la Universidad, tutor responsable del Trabajo de Grado y cronograma, previo estudio y aprobación de la misma, del respectivo Grupo de Investigación.

Metodología

Tipo de Investigación

El trabajo se realizó bajo la modalidad de práctica empresarial con Fenalce en el municipio de Enciso Santander. Se trata de una investigación experimental de campo en la cual se evaluó el efecto de diferentes dosis de una enmienda líquida orgánica a base de ácidos húmicos y fúlvicos conocida como Agrohúmicol aplicada al suelo y su efecto sobre las variables de crecimiento y rendimiento del cultivo del frijol arbustivo en el municipio Enciso, Santander.

Diseño experimental

Se evaluó el efecto de los ácidos húmicos y fúlvicos del producto Agrohúmico, el cual está siendo producido por la Sociedad Agrícola Manarí S.A.S, en el municipio de Concepción Santander, este viene siendo impulsado por Fenalce y necesita realizar pruebas en campo de su uso y eficiencia en leguminosas de la provincia, ya que es un producto innovador que pretende recarbonizar o hacer parte del proceso de recuperación de los suelos agrícolas no solo de la región sino del país.

Se realizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, para un total de 24 parcelas. Cada parcela correspondió a la unidad experimental compuesta por 4 surcos de 10 m de longitud. La distancia de siembra entre surcos fue de 0,6 m y 0,20 m entre plantas, dos plántulas por sitio. El tamaño de la parcela fue de 2,4 m de ancho por 10 m de largo para un área total de 24 m². El total de plantas por parcela fue de 400 plantas. Las mediciones se realizaron sobre un total de 20 plantas ubicadas en la parte central de parcela dejando un margen de 50 cm a los lados para reducir el efecto de borde.

El ensayo se llevó a cabo en el predio rural El Recuerdo del municipio de Enciso, departamento de Santander, ubicado en la vereda Carrizal sector Cortaderas. Como primera instancia se realizó una caracterización física mediante lectura de guía Rasta que presentaba el lote de terreno donde se realizó el experimento, Los resultados más relevantes son Ph de 6, textura franco arenosa, dos horizontes diagnósticos fueron dos de 25 y 30 cm de profundidad,

profundidad efectiva de raíces a 30 cm, dentro de los más relevantes. Se procedió a la preparación, delimitación, siembra e implementación de los tratamientos del experimento.

Descripción de los tratamientos

Se evaluó seis tratamientos con cuatro repeticiones por tratamiento como se describen a continuación en la tabla 1:

Tabla 2. Descripción de los tratamientos con dosis respectivas.

| Tratamientos | Fertilización química | Agrohúmicol | Forma de aplicación |
|--|-----------------------|-------------|-----------------------------------|
| T0: Testigo sin fertilización | 0 | 0 | |
| T1: Fertilización química 100 % recomendada. | 7 g sitio | 0 | Sólido |
| T2: Aplicación 100 % Agrohúmicol. | | 5 mL/sitio | Dilución 7 L/200 L 35ml/L |
| T3: Fertilización 50 % química + 50 % Agrohúmicol. | 3 g/ sitio | 5 mL/sitio | Dilución 3 L/200 L 15ml/L |
| T4: Fertilización 25 % química+ 75 % Agrohúmicol. | 2 g/sitio | 5 mL/sitio | Dilución 5 L/200 L 25ml/L |
| T5: Fertilización 75 % química + 25 % Agrohúmicol | 5 g/sitio | 5 mL/sitio | Dilución 1,5 L/200 L 7.5 ml/ L |

Fuente: El autor

La aplicación de cada uno de los tratamientos fue dividida en dos momentos: la mitad de la dosis antes de la siembra y directo al suelo y la segunda aplicación se realizó a los 15 días después de la siembra (dds) aplicando el 50 % restante de cada tratamiento.

El cálculo de las dosis a aplicar tanto de fertilizante químico como del Agrohúmico se realizó de acuerdo con recomendaciones de la Federación Nacional de leguminosas Cereales y Soya para Santander.

Tabla 3: recomendación de fertilización ideal Santander.

| Recomendación de fertilización para Enciso Santander. | | | | |
|---|----------|------------------------------|---|--------------------|
| Fertilizante | Dosis/Ha | Época de Aplicación | MODO DE APLICACIÓN | Cantidad por sitio |
| Sembramon | 5 bultos | En SIEMBRA (0) | Incorporado al sitio a 5 cm de la semilla | 7 gramos/sitio |
| AGRIMINS | 1 bulto | | | |
| KCl | 1 bulto | Tercera hoja trifoliada (19) | Incorporado al sitio. | 2 gr/sitio |
| Urea | 1 bulto | | | |
| Total | 8 bultos | Costo aproximado | 1`600.000 | |

Nota: recomendaciones para fertilización edáfica según estimados recomendados ideales

para Santander según Fenalce, Fuente: El autor

| Region | N | P2O5 | K2O | Ca | S | MgO | Zn | B |
|--------------|----|------|-----|----|----|-----|-----|-----|
| Antioquia | 60 | 60 | 50 | 13 | 10 | 12 | 0,5 | 0,3 |
| Cundinamarca | 60 | 50 | 45 | 13 | 10 | 12 | 0,5 | 0,3 |
| Huila | 70 | 50 | 46 | 13 | 10 | 12 | 0,5 | 0,3 |
| Tolima | 80 | 60 | 45 | 13 | 10 | 12 | 0,5 | 0,3 |
| Nariño | 70 | 50 | 45 | 13 | 10 | 12 | 0,5 | 0,3 |
| Santander | 75 | 60 | 50 | 13 | 10 | 12 | 0,5 | 0,3 |

Figura 3. recomendaciones para fertilización balanceada, según Fenalce para Santander

Nota: *Fenalce*. (2022, 9 marzo). *Revista El Cerealista - Fenalce*.

Además, Se realizaron las labores agronómicas de laboreo de suelos para el establecimiento del cultivo en el mes de marzo de 2022. El manejo de riego, labranza, y control de plagas se realizó teniendo en cuenta el manejo tradicional de los cultivadores locales, el cual consiste en una aplicación preventiva al momento de la emergencia con Digneo (Thiamethoxan+lamdacihalotrina) en dosis de 20 ml/20L de agua para el manejo de Crisomelidos y larvas del suelo como tierreros trozadores, además en la misma aplicación se adiciona a la mezcla Serenade dosis de 20 ml/20 L, agente fungicida bactericida para manejo de Damping off. En estadio 19, se realiza la aplicación de fungicida Antracol preventivo contra *colletotrichum lindemuthianum* más insecticida confiador para control de insectos plaga de habito picador chupador.

Variables de estudio

Las variables que se evaluaron en el cultivo de frijol arbustivo Calima (*P. vulgaris* L.) fueron:

Tasa de emergencia en días y eficiencia porcentual de germinación de la semilla:

se Midió la distancia de 5 metros lineales en los dos surcos centrales de cada bloque, se cuantifica el número de plantas emergidas en base a las 50 teóricas que se deben presentar para hacer cuantificación porcentual y se realiza monitoreo de emergencia superior al 50 % de la población en días.

Desarrollo cotiledonal.

(apertura en días de hojas cotiledonales) se realizó la inspección visual de los 10 sitios, 20 plántulas dentro de los centros de bloque de la parcela en días que tarda en hacer apertura cotiledonal de las plántulas evaluadas.

Longitud y diámetro del tallo:

Con el uso de una cinta métrica se tomaron los datos a 20 plántulas al azar para longitud del tallo, para diámetro del tallo se hizo uso de un calibrador pie de rey de referencia Eduke (toma de datos quincenal).

Diámetro de copa

(toma de datos quincenal) con el uso de una cinta métrica se toma de datos a 20 plántulas al azar tomando medida de oriente a accidente, norte sur, sumando y dividiendo en 2, el resultado se plasma en el libro de campo.

Aparición de botones florales

(en días), número de flores por plántula: Se realizó mediante conteo manual, toma de datos a 5 plántulas al azar.

Número de granos por planta, número de granos por vaina y número de vainas por planta:

El número de granos y número de vainas, se contabilizó el valor de cada variable por planta, y para la cantidad de granos por vaina se dividió el total de granos entre el total de vainas por planta.

Procesamiento de datos y análisis estadístico

La información recolectada en campo durante todo el proceso de desarrollo fenológico del cultivo se recopiló en tablas para realizar posteriormente análisis como estadística descriptiva, promedios, desviación estándar, valores mínimos y máximos. Se aplica un análisis de Varianza (ANOVA) y cuando fue significativo con un nivel de confianza de 95 % se aplicó una prueba de Tukey para comparación de medias. Se utilizó el software libre *R* para de análisis de datos.

Los métodos de evaluación se realizaron en base a los estadios fenológicos del frijol arbustivo: 09,12,60,76, de acuerdo con la escala BBCH de la con la Tabla 1.

Resultados y análisis.

VARIABLES DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE FRIJOL ARBUSTIVO CALIMA (*P. vulgaris* L.) EN RESPUESTA A LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN HÚMICA SOLA Y COMBINADA CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA

El análisis general de las variables se muestra en la tabla 3. Se observa que hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos para la variable días a emergencia ($p < 0,05$). En T0 y T1 se observó un mayor número de días a la emergencia (8 y 7 días, respectivamente), mientras que entre el resto de los tratamientos no se observaron diferencias estadísticas ($p > 0,05$). Sin embargo, se destaca que T2, T3, T4 y T5 presentaron menos días a emergencia. El desarrollo cotiledonal se diferencia entre los tratamientos T1 y T0, donde T0 presenta el mayor número de apertura cotiledonal en días con 11 días mientras T1 y T5 presenta una emergencia en 10 días respectivamente, los demás tratamientos T2, T3 Y T4 no se observan diferencias significativas.

En el porcentaje de germinación no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, pero se destaca una germinación en campo superior al 80 % en todos los tratamientos, en cuanto a la variable de días a floración no se observaron valores de relevancia entre los tratamientos, en general tardan en llegar a floración entre 35 y 36 días en los diferentes tratamientos, en lo que si se pueden describir valores significativos es en el número de flores por planta, en donde los tratamientos T0 y T2, presentaron los valores más bajos con 27 y 31

flores/planta, T1 y T5 presentaron el mayor número de flores/planta con 40.15 y 37.05 Flores/planta respectivamente, los demás tratamientos T3 Y T4 no presentaron valores relevantes entre sí pero si se destacan sobre los tratamientos testigos (tabla 4).

Tabla 4: Días a emergencia, desarrollo cotiledonal y porcentaje de germinación de la semilla

| Tratamiento | Días a emergencia | Desarrollo cotiledonal | Porcentaje germinación | Días a floración | Número de flores/planta |
|--------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| T0 | 8,00±0,00a | 11±0,00a | 80±0,00a | 36±1,15a | 27±5,19a |
| T1 | 7,00±0,00a | 10±0,00b | 81,25±2,50a | 35±0,00a | 40,15±2,60b |
| T2 | 6,50±1,00b | 10,25±0,50a | 81,25±2,50a | 35±1,63a | 31,75±1,80a |
| T3 | 6,25±0,50b | 10,25±0,50a | 81,25±2,50a | 35,5±1,00a | 37,25±3,77b |
| T4 | 6,50±0,57b | 10,25±0,50a | 81,25±2,50a | 35,5±1,00a | 37,4±4,65b |
| T5 | 6,75±0,50b | 10±0,00b | 81,25±2,50a | 35±1,00a | 37,05±2,85b |

Valor promedio ± desviación estándar seguido por letras mayúsculas distintas indican diferencias entre los tratamientos ($p \leq 0,05$). T0: Testigo sin fertilización; T1: Fertilización química 100 % recomendada; T2: Aplicación 100 % AgrohúmicoL; T3: Fertilización 50 % química + 50 % AgrohúmicoL; T4: Fertilización 25 % química+ 75 % AgrohúmicoL; T5: Fertilización 75 % química + 25 % AgrohúmicoL

De los valores descritos anteriormente las variables de emergencia en días se puede apreciar una reducción de más de un día en los tratamientos con aplicaciones de diferentes dosis de AgrohúmicoL sobre el testigo, lo que permite evidenciar que los ácidos y fúlvicos aplicados al suelo como acondicionadores orgánicos permiten a la semilla germinar con mayor rapidez, lo que además concuerda con estudios de Reyes-Pérez et al. (2021), ratificando la eficiencia de los ácidos orgánicos en acelerar los procesos de germinación y emergencia de las plántulas bajo uso directo en las semillas.

Al analizar el desarrollo vegetativo se encontró que las dosis de fertilizante y dosis de Agrohúmicol van de la mano, a mayor porcentaje de fertilización química mayor rapidez en desarrollo vegetativo, se destaca en T5 que alcanza valores estadísticamente idénticos con el tratamiento testigo de fertilización ideal, lo que agronómicamente nos permite diferir que mediante el uso de Agrohúmicol en concentraciones de 7,5mL/L de agua, permite reducir en un 25 % la fertilización edáfica recomendada sin afectar los procesos de desarrollo vegetativo del cultivo. También es imperativo resaltar que en cuanto a días a floración la aplicación de ácidos húmicos no mostró diferencias estadísticas entre el testigo con los tratamientos propuestos, aunque se destaca una diferencia de un día de los tratamientos con ácidos húmicos y fúlvicos sobre el testigo son ninguna adición, en similitud con trabajo que según Reyes-Pérez et al. (2021), el uso de sustancias húmicas y fúlvicas en cultivo de frijol castilla tiene influencia de mayor crecimiento longitudinal en tallo y rendimiento del cultivo.

Una de las variables que tienen gran relevancia sobre el rendimiento y en el que si se encuentra diferencia marcadas es en el número de flores por planta, en el cual se aprecia que es el tratamiento T1 quien alcanza el mayor valor promedio con 40,15 flores plantas, a este valor se aproximan todos los tratamiento con dosis combinadas de fertilizante y Agrohúmicol, los tratamientos T3, T4 y T5 quienes en valores medios alcanzan un promedio de 37 flores/planta, lo que tiene gran relevancia al mantener concordancia con el tratamiento a fertilización 100% química, claramente la correlación entre dosis de fertilizante y crecimiento, desarrollo y producción están íntimamente ligadas, ya que según la fundación empresas polar (2015) los nutrientes son parte fundamental para que las plantas se desarrollen, aunque no solo estos sino también otros factores externos como luz, agua, temperatura y aire e internos como el material

genético y hormonas vegetales, son todos estos factores los que al mantener un equilibrio facilitan el desarrollo normal de las plantas, sin embargo, no solo estos factores facilitan o intervienen en un desarrollo adecuados, ya que según E Centeno (2015) los ácidos húmicos en general presentes en el suelo han demostrado cualidades de bioestimulantes orgánicos que influyen de manera directa en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

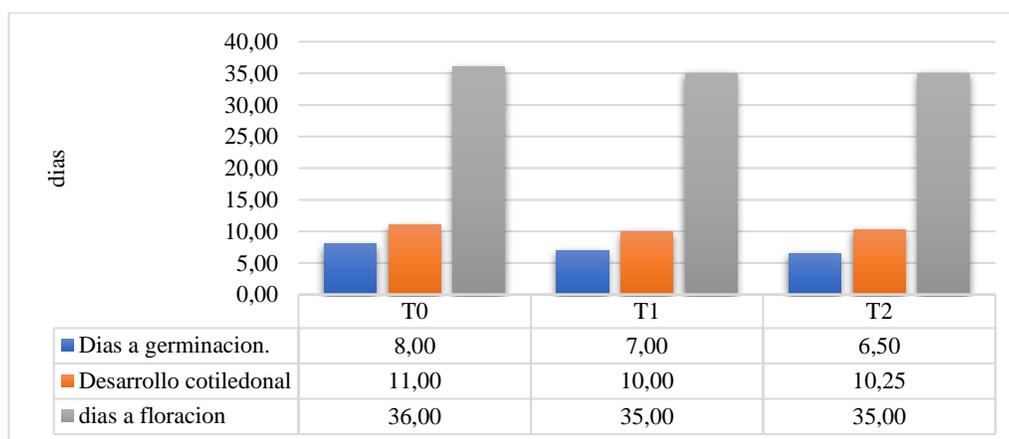


Figura 4. Variables días a emergencia, desarrollo cotiledonal y días a floración en los tratamientos T0, T1 y T2.

Fuente: El autor

Como se describe en la figura 4, dentro de los tratamientos individuales el que presenta un desarrollo mayor en cuanto a días a emergencia en campo es T2 el cual corresponde a la aplicación sola de ácidos húmicos y fúlvicos al momento de la siembra el cual presenta germinación de más del 80 % de la población en 6,5 dds, igualmente la apertura cotiledonal y aparición de las primeras hojas se da a los 10,25 dds, le siguen el tratamiento únicamente con fertilización el cual completa emergencia en tierra 7 días dds y apertura cotiledonal a los 10 dds y quien culmina con la emergencia en tierra es el tratamiento testigo quien presenta la más extensa emergencia promediada a los 8 dds y apertura cotiledonal a los 11 dds. Los días a

floración en T1 y T2 fue similar (35 dds), y el tratamiento testigo a los 36 días llega a floración, confirmando lo que halló Martínez Rosero, A. F. (2011), donde describe que los ácidos húmicos incrementan significativamente las funciones de absorción de nutrientes debido a la estabilización de reacciones físico químicas en el suelo, lo que a su vez acelera los procesos de desarrollo y crecimiento del cultivo debidos a un flujo constante de nutrientes.

De los resultados se puede destacar la acción eficiente de los ácidos húmicos y fúlvicos aceleran levemente la emergencia y la apertura en cuanto al desarrollo cotiledonal en campo teniendo variables de riego o capacidad de campo estándar en los demás tratamientos, por lo que permite llegar a la par en días a floración del cultivo de frijol arbustivo con el tratamiento de fertilización normal, y comparados con el testigo alcanzan diferencias significativas en el período de desarrollo fenológico normal del cultivo, esto se describe según Centeno E (2015) como la acción efectiva de los ácidos húmicos para influir en los procesos fisiológicos de semilla, haciendo que la cubierta o parte externa de la semilla se rompa con mayor facilidad dando paso al desarrollo de la plúmula y radícula rápidamente, lo que a su vez interviene en una absorción temprana de nutrientes que acelera la emergencia en campo además de contribuir a un rápido desarrollo radicular y demás órganos de crecimiento de la plata..

De los tratamientos combinados en diferentes dosis de fertilizantes químicos y de ácidos húmicos y fúlvicos se presentan resultados por encima de los testigos individuales, en emergencia evaluada en días los tratamientos T3 y T4 presentan una mayor respuesta en emergencia aludidos a una mayor concentración de ácidos húmicos y fúlvicos en porcentajes de 50 % y 75 %, comparados con un 25 % de T5. Sin embargo, para los días a apertura cotiledonal dentro del desarrollo fenológico presenta una mayor eficiencia debida a un porcentaje mayor de

fertilizante utilizado lo que permite un mayor desempeño en el desarrollo, llegando a dicha apertura en 10 dds, mientras los tratamientos contiguos lo alcanzaron en 10,5 días (Figura 5).

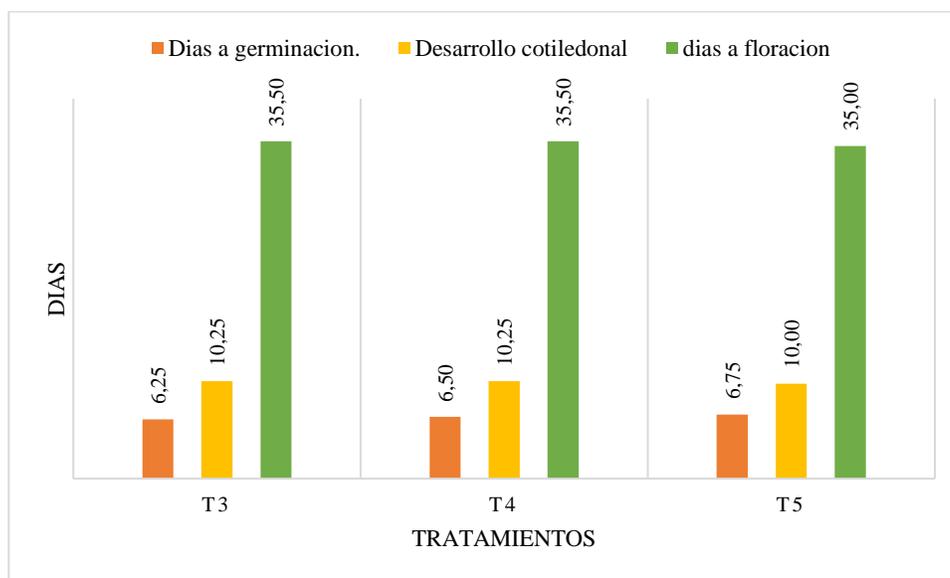


Figura 5 Variables de días Emergencia, días a desarrollo cotiledonal y días a floración.

Fuente: El autor

Se describe de la figura 6 una germinación en todos los tratamientos superior al 80 %, siendo T2, con aplicación de 100 % de Agrohúmicol a base de ácidos húmicos quien presentó el mayor porcentaje equivalente a 82 %, le sigue T5, el cual tiene 25% Agrohúmicol, 75 % fertilizante, con 82,5% el tratamiento 4 el cual posee 75 % Agrohúmicol, 25 % fertilización con un valor de germinación de 82,5%, los tratamientos testigo T0 y el T3 presentaron valores de 81 % y el menor es el tratamiento únicamente con fertilización química (T1) con un valor de 80 %.

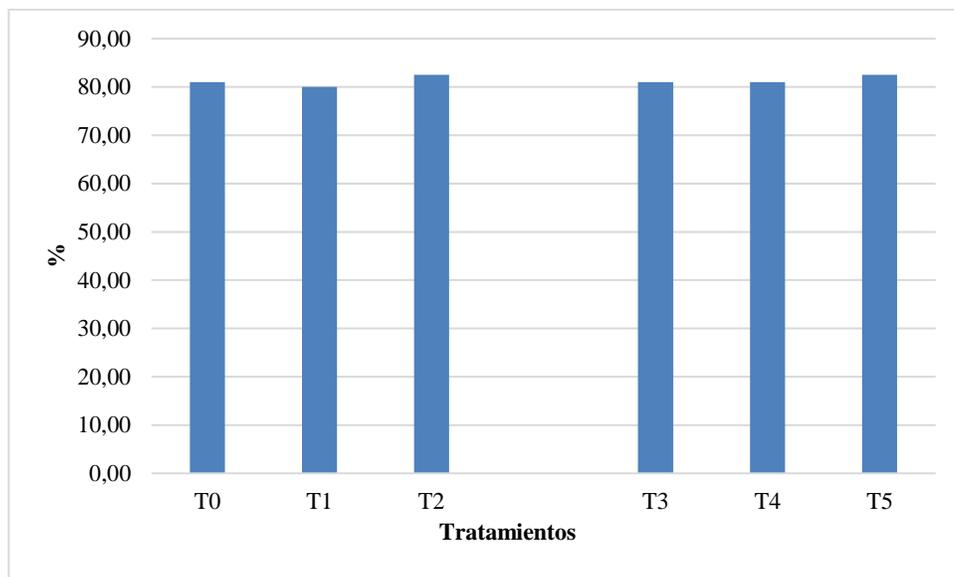


Figura 6 Porcentaje de emergencia en campo de los 6 tratamientos evaluados desde estadios 0.9 a 1.

Fuente: El autor

Longitud y diámetro del tallo y diámetro de copa

Se encontraron diferencias estadísticas en la longitud del tallo de las plantas ($p \leq 0,05$) entre T0 y T1. La menor longitud del tallo se observó en T0, mientras que T1 presentó la longitud más alta. Entre T2, T3, T4 y T5 no se observaron diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$) y la longitud del tallo promedio durante el ciclo del cultivo estuvo entre los 19,21 cm en T2 y 29,55 cm para T1, en cuanto al diámetro del tallo estadísticamente se presentaron dos relaciones marcadas estadísticamente, el tratamiento T1 presenta una diferencia ($p \leq 0,05$). Con valor de 6.21 mm durante todo el desarrollo fenológico, pero con una variación estándar poblacional de 2,48, en los demás tratamientos se T0, T2, T3, T4 y T5, la variación estándar más la prueba de Tukey no muestra valores significativos de diferenciación estadística, aunque se resalta que los

testigos con aplicaciones de ácidos húmicos y fúlvicos presentan mayor valor que el tratamiento testigo T0, resultados muy similares encontraron Martínez Rosero, A. F. (2011), donde de la aplicación de . Pilier Humus a base de Ácidos húmicos y fúlvicos aplicados en cultivo de fréjol variedad Paragachi en Carpuela - Imbabura en las variables : altura de planta a la madurez fisiológica con 68,17 cm, días a la madurez fisiológica con 83 días, número de vainas por planta con 15 vainas/planta, número de granos por vaina con 6 granos/vaina, los cuales estaban sobre los testigos sin aplicación de dichos ácidos orgánicos.

En cuanto a variable de diámetro de copa se presentan 2 diferenciaciones estadísticas, el tratamiento T1 y T5 con los valores más altos de 29,53 cm y 27,13 cm, respectivamente, Los tratamientos T2, T3, T4 y T5 presentaron valores muy similares en rango medio de 24 cm, pero siempre por encima del tratamiento testigo T0, el cual se estima en valores medios de 23,5 cm. (Tabla 5).

Tabla 5: Longitud y diámetro del tallo, diámetro de copa.

| Tratamientos | N | Longitud del tallo (cm) | Diámetro del tallo (mm) | Diámetro de la copa (cm) |
|---------------------|----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| T0 | 84 | 16,24±9,13a | 5,33±2,33a | 23,54±12,87a |
| T1 | 84 | 29,55±17,52 b | 6,21±2,48b | 29,53±15,88b |
| T2 | 84 | 19,21±11,04ac | 5,25±1,99a | 24,54±12,75a |
| T3 | 84 | 23,18±12,88c | 5,62±2,32a | 24,82±13,18a |
| T4 | 84 | 22,41±13,27c | 5,35±2,16a | 24,18±12,73a |
| T5 | 84 | 26,93±15,39bc | 5,96±2,54a | 27,13±14,87b |

Valor promedio \pm desviación estándar seguido por letras mayúsculas distintas indican diferencias entre los tratamientos. N: Número de datos medidos en cada tratamiento. T0: Testigo sin fertilización; T1: Fertilización química 100 % recomendada; T2: Aplicación 100 % Agrohumicol; T3: Fertilización 50 % química + 50 % Agrohumicol; T4: Fertilización 25 % química + 75 % Agrohumicol; T5: Fertilización 75 % química + 25 % Agrohumicol. Fuente: El autor

De los valores de crecimiento evaluados se evidencia una significativa influencia de los ácidos húmicos y fúlvicos solos y en combinación con las diferentes concentraciones de fertilizantes en cuanto a la longitud del tallo y el diámetro de copa, principalmente para T5, Fertilización 75 % química + 25 % Agrohumicol, el cual presenta valores similares a T1, por lo que se describe que no hay reducción en los procesos fisiológicos que intervienen en el desarrollo vegetativo del cultivo al reducir en un 25 % la dosis de fertilizantes ideal y se suple con el 25 % de Agrohumicol aplicado, aclarando de antemano que no es considerado un biofertilizante sino un acondicionador, por ende, se aprecia que los ácidos húmicos y fúlvicos contenidos en el producto le permiten a la planta de leguminosas absorber y retener el fertilizante aplicado y traducirlo en una eficiente traslocación de sales y nutrientes contenidos en el suelo y necesarios para los procesos fisiológicos que demanda del cultivo, además concuerda con la investigación realizada por Centeno E (2015) en el cual la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos resultó en un mayor desarrollo en variables de crecimiento como diámetro y longitud del tallo de frejol en la variedad canario 2000, ya que del uso de los ácidos orgánicos la planta asimila y transloca con mayor rapidez y eficacia los nutrientes necesarios para el desarrollo fisiológico normal de la planta.

Por su parte, Reyes-Pérez et al. (2021) comprobaron que del uso de ácidos húmicos y fulvicos en proporciones de 7,5 mL/L presentaron los mejores resultados en longitud y diámetro

del tallo en variables evaluadas en cultivo de frijol castilla. En las variables de diámetro del tallo tan solo se evidencia una diferencia estadística en T1 con referencia a los demás tratamientos que, aunque presentan valores estadísticos muy cercanos entre si no alcanzan al diámetro del tallo del testigo en cuestión.

En cuanto a la longitud del tallo, los tratamientos por encima de la media de medición son T1 y T5, los cuales culminan en un promedio de 49,02 y 4356 cm de longitud del tallo a los 60 dds, seguidos de T3 con 36,60 cm y T4 con 35,62 cm, mientras que T2 y T0 presentaron los menores valores representativos de longitud del tallo en comparación con el resto de tratamientos, pero se destaca el tratamiento con aplicación individual de ácidos húmicos y fúlvicos, los valores a los 60 dds son respectivamente 29,51 cm y 26,05 cm (Figura 7).

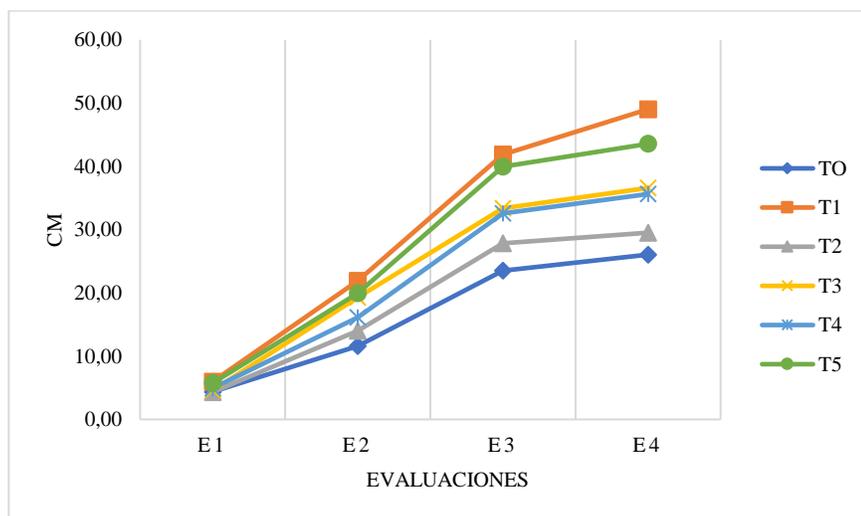


Figura 7. Longitud de tallo en el desarrollo fenológico del cultivo a los 15,30, 45 y 60 d.d.s. Fuente: El autor

Se puede observar que el mayor crecimiento entre los 30 y 45 que a su vez coinciden con el momento de aparición y apertura de los botones florales, dicho crecimiento constante se atribuye a la segunda fertilizada aplicada alrededor de los 30 dds, que al evaluar el

comportamiento en los tratamientos con aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos se atribuye a las características de bioestimulante y acondicionador de suelos descrito según Agroactivo (2020), donde los ácidos orgánicos extraídos de fuentes de Leonardita mejoran la actividad microbiológica, generan en el suelo una mayor capacidad de intercambio catiónico (CIC) y a su vez al funcionar como quelatos orgánicos, son estas características lo que permiten que el uso combinado de estos con fertilizantes químicos potencie la eficiencia de las fertilizaciones, en términos sencillos se puede decir que los ácidos húmicos y fúlvicos son los coadyuvantes de la fertilización edáfica, además de esto, los resultados de variables de crecimiento longitudinal concuerdan con Los resultados obtenidos en el análisis de las diferentes variables evaluadas por Aguilar, M., & Velen., M. (2012), arrojaron alta significancia para todas las variables analizadas exceptuando para altura de planta a los 15 días donde el valor diferencial de crecimiento en dos variedades de frijol bajo el uso de ácido húmico fue bajo. (Figura 7).

El diámetro del tallo mantiene un comportamiento creciente a lo largo de todo el estadio vegetativo y continuó su desarrollo aún en fases reproductivas del cultivo. Los mayores diámetros se registraron en T1 y T5 con valores a los 60 dds de 8,83 mm y 8,77 mm, respectivamente, seguido de T3 con promedio de 8,08 mm, en cuarto lugar, T4 con 7,55 mm, en quinto lugar, T2 con 7,25 mm y finalmente el tratamiento testigo T0 con un diámetro promedio de 7.08 mm (Figura 8).

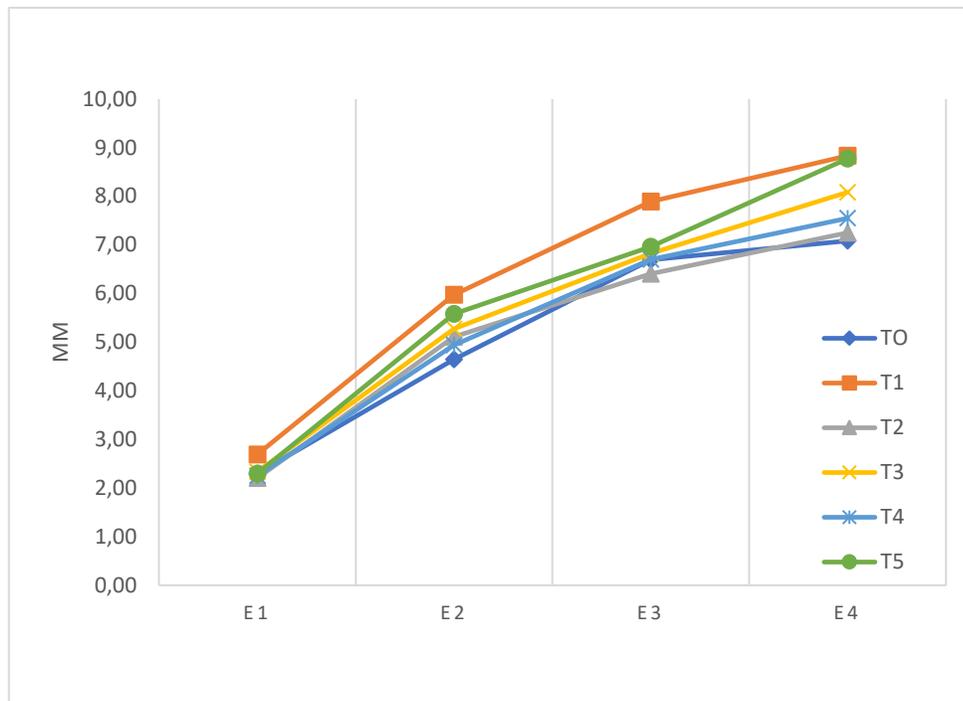


Figura 8. Diámetro del tallo en desarrollo fenológico del cultivo los 15, 30, 45 y 60 dds.

Fuente: El autor

De los resultados obtenidos en diámetro de copa se destaca nuevamente T1 y T5 en todas las mediciones, para el diámetro de copa tienen valores respectivos a los 60 dds de 44,03 cm y 40,98 cm respectivamente. Los tratamientos T3 y T4 presentan valores de 35,75 y 35,68 respectivamente, finalmente T2 y T0 presentaron los menores diámetros de copa de todos los tratamientos. Este desarrollo vegetativo de diámetro de copa está ligado a la cantidad de fertilizante de síntesis química utilizado, ya que los mayores resultados se obtienen en la fertilización 100 % química y 75% química + 25 % Agrohúmico, esto se debe a que según E Centeno (2015) los ácidos orgánicos como húmicos y fúlvicos en una relación ideal en el suelo le permiten a las leguminosas no solo fijar nitrógeno atmosférico de manera natural por sus características de nodulación, sino que permiten la traslocación de nitratos naturales o sintéticos

de manera eficiente a puntos de crecimiento y desarrollo de la planta, lo que se traduce en una mayor desarrollo del tejido tanto longitudinalmente como area foliar y materia seca.

El análisis del diámetro de la copa permite evaluar no solo la eficiencia de la combinación de ácidos húmicos y fúlvicos con fertilizantes sobre el crecimiento y desarrollo del área foliar sino también la importancia de las distancias de siembra recomendadas, ya que permite al material genético expresar el máximo de rendimiento vegetativo y reproductivo ya que no se genera competencia ni intra ni interespecífica, claro está, realizando las demás labores agronómicas que demanda el cultivo al 100 %, con la única variación de las concentraciones de fertilizantes en cada tratamiento para así adquirir datos verídicos y reproducibles (Figura 9).

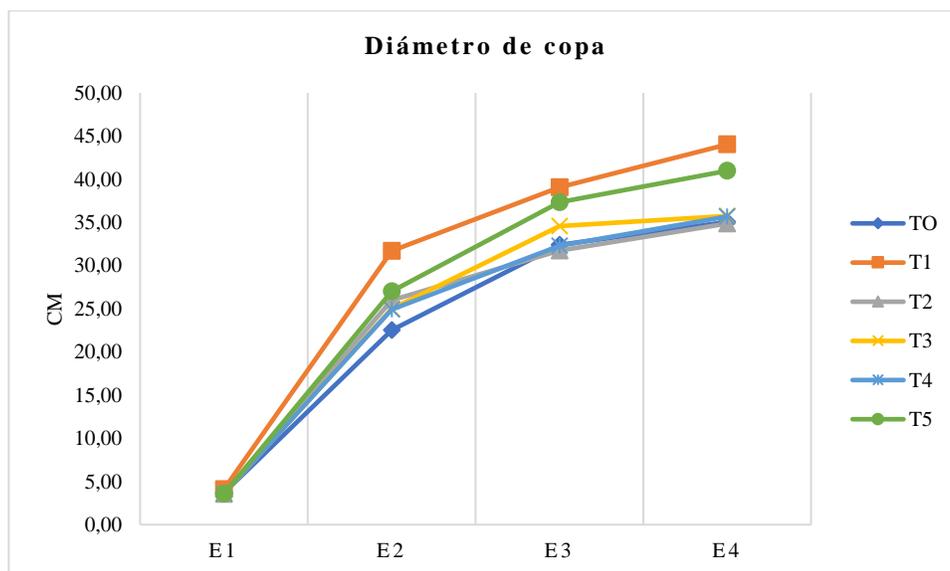


Figura 9. Diámetro de copa en desarrollo fenológico del cultivo a los 15, 30, 45 y 60 dds.

Fuente: El autor

En la tabla 6 se observan los resultados y comparaciones estadísticas para la variable número de vainas/plantas ($p < 0,05$). El menor número de vainas/planta en T0 fue estadísticamente menor en comparación con T1, T3, T4 y T5. Los tratamientos T2 y T0 presentaron valores medios por encima del testigo, los demás tratamientos T3, T4 y T5 no presentan diferencias estadísticas significativas entre ellos. Sin embargo, en T3 con fertilización 50 % química + 50 % Agrohúmicol alcanza valores similares a T1, así como T5 quien en promedio se aproxima en una mayor proporción al tratamiento de fertilización ideal.

En cuanto al número de granos por vaina se observa que T1 y T0 mantienen su diferencia estadística notable en la mayoría de las variables de ($p < 0,05$), siendo T1 el que expresa el mayor de número de vainas por planta, se resalta también que de los tratamientos T2, T3 y T4 aunque presentan valores superiores a T0. Por último, T5 que se destaca por tener un afín a los mencionados con anterioridad, pero con mayor coincidencia con el tratamiento T1 (Tabla 6).

Tabla 6. Número vainas por planta, número de granos por vaina, número de vainas por planta.

| Tratamiento | N | Número de vainas/planta | Número de granos/vaina | Promedio de granos/planta |
|--------------------|----------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| T0 | 4 | 10,90±1,32a | 3,35±0,25a | 36,32±2,84a |
| T1 | 4 | 21,00±1,49b | 4,1±0,20b | 86,12±7,81b |
| T2 | 4 | 12,25±2,05a | 3,85±0,30ac | 47,61±11,72ac |
| T3 | 4 | 16,30±0,88bc | 3,85±0,10ac | 62,77±4,08bc |
| T4 | 4 | 15,65±1,81c | 3,75±0,34ac | 59,15±12,34ac |
| T5 | 4 | 18,95±4,10c | 3,95±0,19bc | 75,18±18,15b |

Valor promedio \pm desviación estándar seguido por letras mayúsculas distintas indican diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p \leq 0,05$). N: Número de datos medidos en cada tratamiento. T0: Testigo sin fertilización; T1: Fertilización química 100 % recomendada; T2: Aplicación 100 % Agrohúmicol; T3: Fertilización 50 % química + 50 % Agrohúmicol; T4: Fertilización 25 % química + 75 % Agrohúmicol; T5: Fertilización 75 % química + 25 % Agrohúmicol. Fuente: El autor. Fuente: El autor.

El número promedio de granos por planta, como variable de rendimiento, presentó diferencias estadísticas notables entre T0 y T1 ($p \leq 0,05$), donde T1 presenta el mayor número de promedio de granos por planta con $86,12 \pm 7,81$, además de los tratamientos combinados se destacan T5 con un valor de $75,18 \pm 18,15$ estadísticamente similar a T1, además los tratamientos T2 Y T4 presentan valores estadísticos medios asimilables a T0, pero con resultados medios superiores haciendo notoria la diferencia, finalmente es el T3 quien combina en parte con valores medios mencionados anteriormente y con los tratamientos T1 Y T5, quedando en resultados medios altos comparado con los tratamiento de menor valor granos/planta (Tabla 6).

De los resultados obtenidos anteriormente se puede analizar que en primera instancia el número de vainas formadas en relación con las flores evaluadas y el porcentaje de formación de flor a fruto es superior al 50 % en T1 y T5, el de mayor porcentaje de aborto floral fue T1 cercano al 60 %, mientras que los tratamientos combinados con ácidos húmicos y fúlvicos presentan un porcentaje de formación de flor a fruto superior al 44 %, por lo que se afirma que los ácidos húmicos y fúlvicos permiten una mayor asimilación de nutrientes comparado con el testigos sin aplicación de dichos ácidos, ahora bien en tanto el número de granos por vaina el T1 mantiene la supremacía de testigo ideal, pero se destaca que el tratamiento T5 presenta valores estadísticos medio similares, igualmente en cuanto al número de granos por planta, el tratamiento ideal conserva el mayor número seguido del T5 y en tercer lugar de rendimiento se

encuentra el T3, los demás tratamientos aunque tienen valores superiores al testigo T0 no alcanzan los estimados de producción ideal.

En concordancia con el trabajo de investigación de Legua et al. (2019), los tratamientos que involucraron uso solo o en combinación de fertilizantes de síntesis química y ácidos húmicos y fúlvicos en diferentes concentraciones presentaron mayores resultados que el testigo T0, por esto se destaca de la aplicación del tratamiento T5, el cual presenta valores tanto de crecimiento como de rendimiento equiparables con el testigo de fertilización ideal, esto se atribuye a las características de bioestimulantes de los ácidos orgánicos aplicados al suelo, donde mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo al incorporar carbono orgánico se restablecen las interacciones vitales del suelo-planta-atmosfera brindando mejores rendimientos en los cultivos y disminuyendo costos de producción. Por ende, los ácidos húmicos y fúlvicos son la alternativa rentable para disminución de los fertilizantes de síntesis química y de daños agroecológicos ocasionados por una agricultura convencional abrasiva y agresiva mediante el uso indiscriminado de agroquímicos, dichos resultados concuerdan con Martínez Rosero, A. F. (2011), donde además de encontrar un mayor rendimiento, crecimiento y desarrollo en las dos variedades de frijol evaluadas, permitió reducir costos de producción con igual rendimiento de sus testigos.

De la relación tomada entre número de flores por planta y número de vainas formadas por cada planta, permite evaluar una incidencia directa entre los tratamientos y promedios de producción, en estos datos se puede evidenciar que de los tratamientos evaluados en cuanto a rendimiento tanto el mayor número de flores por planta y vainas formadas por planta es T1 el cual pertenece al tratamiento testigo de fertilización recomendada al 100 %, obteniendo valores

significativos de 40,15 flores/ planta a 21, con un valor porcentual de 52, 3% de flores que llegaron a vaina y el tratamiento que alcanza valores significativos es el T5 de 39,1 de flores por planta a 20,5 vainas formadas por planta, lo que también cuenta con un valor significativo de 51 % de flores que llegan a vaina, en tercera posición se encuentra el tratamiento 3, el cual presenta valores de 37,25 flores por planta de las cuales tan solo un 43,75% llegan a vaina con un promedio de 16,30 vainas por planta, esto se debe principalmente a que el flujo de nutrientes como potasio, hierro y boro que intervienen directamente tanto en la formación del tubo polínico y en el llenado y formación del grano no se translocan en las cantidades requeridas oportunamente, y por ello en los tratamientos donde se tiene presencia de ácido húmicos y fúlvicos presentan un menor porcentaje de aborto de flores y un mayor número de vainas formados y granos por vaina, ya que estos según Martínez Rosero, A. F. (2011). Mencionando resultados de VERMICUC (2009), permiten una mayor fijación de los elementos en mención y al activar procesos fisiológicos de manera acelerada asegura la traslocación eficiente a los puntos de desarrollo reproductivo asegurando así mayores rendimientos por asimilación de nutrientes en órganos requeridos de manera eficiente. (Figura 10).

En cuarto lugar se encuentra T4, con valores de 35,35 flores/planta y 14,35 vainas planta, donde apenas un 40,59% de flores llegan a vaina, los tratamientos T2 y T0 obtienen los valores más bajos en cuanto a número de vainas formadas así como el menor porcentaje de formación de flor a vaina, de lo que se puede analizar que el uso de los ácidos húmicos y fúlvicos influye tanto en el número de formación de flores por planta, sin embargo no suplen la necesidad total de nutrientes por sí solo, la mayor eficiencia en resultados de vainas formadas por plantas tiene en una relación de 75 % de fertilizante y un 25 % de ácidos húmicos y fúlvicos, donde se

presenta el menor porcentaje de aborto floral, comparados con los testigos sin fertilización y solo con fuente Agrohúmico, si se puede describir que el número de flores formadas en el tratamiento de 100% Agrohúmico es mayor que el testigo sin fertilización pero no se igualan a la producción alcanzada en la fertilización recomendada 100 % (Figura 10).

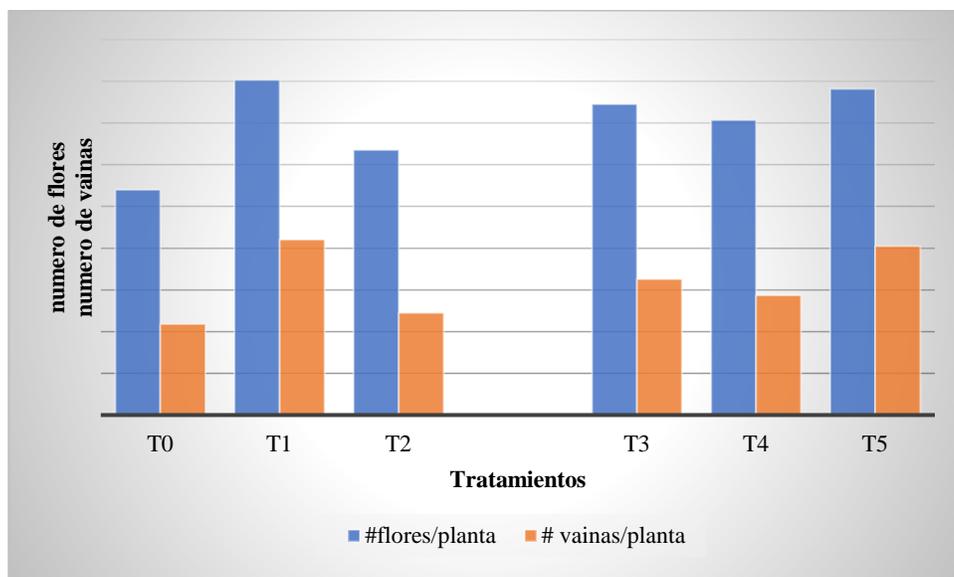


Figura 10. Relación de numero de flores por planta, numero vainas por planta

Fuente: El autor

De los datos recolectados para procesar a rendimiento son el número de granos por planta y el peso de estos cuando estén secos, sin embargo al momento no se ha llegado a la madurez fisiológica completa del grano se describen el número promedio de grano por vaina y numero de vainas por planta para estimar una media de producción de grano por planta, según los resultados obtenidos son los tratamiento T1 y T5 quienes presentan los mayores rendimientos tanto en número granos por vainas con 4,10 y 4,05 granos promedio por vaina, además de 86,12 y 81,92 granos por planta, en rendimiento de grano el tercer lugar lo ocupa el tratamiento T3, donde se alcanza un estimado de 62,77 granos por planta, cuarto lugar el T4 con 52,41 granos

por planta, quinto lugar se tiene el tratamiento T2, el cual obtiene una producción de 47,6 granos promedio, y por último en rendimiento es el tratamiento testigo T0 con una producción de 36 granos por planta es la más baja, contrastado con lo que encontró Martínez Rosero, A. F. (2011). que los ácidos húmicos al activar procesos bioquímicos en las plantas como respiración, Fotosíntesis y contenidos de clorofila, aceleran los procesos fisiológicas de estas permitiendo no solo un mayor desarrollo vegetativo sino también un mayor rendimiento en número de granos o frutos por planta; esto se debe a que al presentarse estos ácidos orgánicos en solución en el suelo facilitan la absorción de elementos como potasio, hierro y boro que son cruciales en la formación del grano tanto de mayor tamaño y en mayor cantidad y al mantenerlos disponibles para la planta asegura que los rendimientos primarios como lo es el grano en el frijol obtenga valores por encima de los tratamientos que no poseen intervención de los ácidos húmicos y fúlvicos.

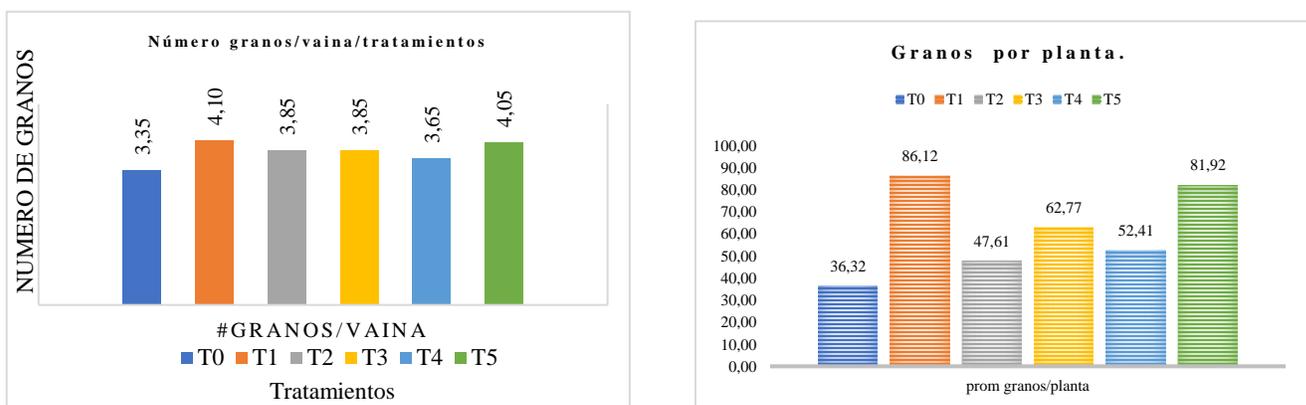


Figura 11 Ilustración de numero granos por vaina en relación de numero de granos por planta., fuente: autor.

Finalmente se concluye que los ácidos húmicos y fúlvicos son una alternativa viable, económica y sencilla de restablecer los contenidos de carbono orgánico del suelo, con lo que se puede aumentar significativamente la salud de los suelos caracterizados por la falencia de contenidos de carbono, el cual es la base fundamental de la materia orgánica dentro de lo que se incluyen todos los organismos vivos, esto concuerda con lo descrito por Gallo Ruiz C J (2018), en su investigación realizada en frijol loctao, donde al igual que esta investigación concuerda en que los ácidos húmicos actúan de manera sinérgica para reducir problemas en el suelo y en las plantas ocasionados por múltiples aspectos dentro de los que encajan el uso excesivo de fertilizantes de síntesis química, además concuerda en que este tipo de fuentes de ácidos orgánicos sumado con biofertilizantes como bioles, humus sólidos, líquidos y demás compuestos de origen orgánico, se estiman como el futuro de la agricultura, haciendo cambio de una agricultura tradicional y abrasiva con el medio ambiente, hacia una agricultura cada vez más limpia y agroecológicamente amigable con el medio ambiente, pero que a su vez no genere disminución en la producción de alimentos ya que cada día está en aumento su demanda, por la creciente población mundial y en Colombia específicamente debido a crisis económicas internas y postpandemia elevo los costos de producción y de vida a una manera insostenible, especialmente para los pequeños productores, aunque ya son los medianos y grandes productores quienes inician a presentar bajas en producción de materias primas y alimentos por la escases mundial de insumos agrícolas, por ende estas alternativas cada vez taman más acogida por quienes observan los resultados obtenidos.

Conclusiones

De los tratamientos evaluados, el mejor resultado en el porcentaje de germinación, días a emergencia y apertura cotiledonal, número de flores, número de vaina y número de granos por vaina y por planta se obtuvo con la utilización de 75 % fertilización química y 25 % con aplicaciones de Agrohúmicol (T5), similar al 100 % de fertilización química y por encima de los demás tratamiento evaluados.

La variable que más se destacó fue el número de granos por planta (86,12) a los 60 dds, lo que representa una producción de 1:80 por lo que el rendimiento de este tratamiento es bueno.

Se puede afirmar que los ácidos húmicos y fúlvicos utilizados como acondicionadores de suelo permiten la reducción hasta en un 25 % de las dosis acostumbradas de fertilización química, lo que los convierte en una alternativa viable y económica, ya que permite al agricultor un ahorro en costos de producción.

La mejor dosis fue de 1,5 litros de Agrohúmicol por 200 L de agua o 7,5 mL/L, donde no se verá una reducción en la producción y si en los costos de fertilizantes dentro de los costos de producción.

Se demostró que los ácidos húmicos y fúlvicos provenientes de la Leonardita pueden actuar en sinergia con la fertilización química aumentando la eficiencia y eficacia de estos en el desarrollo tanto vegetativo como reproductivo en el cultivo del frijol arbustivo var Calima., ya que estos ácidos cumplen funciones de quelatos orgánicos, aumentan la CIC, son

bioestimulantes que fomentan tanto el desarrollo radicular como la mejor asimilación de los nutrientes desde los presentes en el suelo como los dispuestos sintéticamente.

Recomendaciones

Dentro de la recomendaciones de uso de dichos bioestimulantes y acondicionador de suelos Agrohúmico, provenientes de la Leonardita se recomiendan la aplicación de como mínimo 5 L por hectárea en el cultivo de frijol arbustivo, repartidos en 2 o 3 aplicaciones en los primeros 30 días de desarrollo fenológico del cultivo aplicando 1,5- 2 L por tonel de 200 L de agua o 7,5 mL/L, estos preferiblemente al momento de la siembra junto con la fertilización para que se asegure la eficiencia en aceleración de proceso de germinación y emergencia, la segunda dosis se puede aplicar una vez emerjan los cotiledones en campo y aparezcan las primeras hojas verdaderas o alrededor de los 15 dds.

Se recomienda aplicar una dosis de estos ácidos húmicos y fúlvicos antes de la segunda fertilización edáfica recomendada a la aparición de la segunda hoja trifoliada en los estadios fenológicos previos a la emergencia de botones flores, además de esto al ser acondicionadores orgánicos de suelos los ácidos húmicos y fúlvicos retienen humedad y evitan condiciones de estrés producidas por estrés hídrico, incluso se ha demostrado que el uso de ácidos húmicos y fúlvicos para el manejo de estrés por fitotoxicidad le permite a la planta volver a recuperar las condiciones ideales de desarrollo metabólico.

Referencias

- AGROACTIVO. (2020, 30 diciembre). *ÁCIDOS HÚMICOS Y FÚLVICOS AGROTRÓPICO.*, de <https://agroactivocol.com/producto/nutricion-vegetal/enmiendas-y-acondicionadores/organicas/acidos-humicos-y-fulvicos-agrotropico/#:~:text=%C3%81CIDOS%20H%C3%9AMICOS%20Y%20F%C3%9ALVICOS%20AGROTR%C3%93PICO,-Enmienda%20org%C3%A1nica%20a&text=La%20Humita%20AGROTR%C3%93PICO%20es%20una,la%20agricultura%20tradicional%20y%20org%C3%A1nica.>
- AGROACTIVO. (2021, mayo 7). *FRIJOL LIMA ARBUSTIVO*, <https://agroactivocol.com/producto/material-vegetal/frijol-lima-arbustivo-2/>.
- Aguilar, M., & Velen., M. (2012). *Efectos de la aplicación de ácidos húmicos en dos variedades del cultivo de fréjol phaseolus vulgaris l.*
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/>.
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/625>
- Álvarez Córdova, E. (2018). *Guía del Cultivo de Frijol Phaseolus vulgaris*. <http://centa.gob.sv/>.
http://centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Centa_Frijol%202019.pdf
- CENTENO, E. (2015). *RESPUESTA DE DOS VARIEDADES DE FREJOL (Phaseolus vulgaris L.) A LA APLICACIÓN DE TRES ÁCIDOS HÚMICOS EN EL VALLE DE MOQUEGUA*. repositorio.unjbg.edu.pe.
http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/1750/565_2015_centeno_manrique_le_fcag_agronomia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Disagro. (s. f.). *Bioestimulantes*, <https://www.disagro.com/categoria/bioestimulantes>.
- FAO. (2020). *Recarbonización de los suelos del mundo*. www.fao.org.
<https://www.fao.org/3/ca6522es/CA6522ES.pdf>
- Fenalce. (2020, diciembre). *Indicadores mensuales | Fenalce*. Fenalce.co.
<https://www.fenalce.co/indicadores-mensuales>.
- Fenalce. (2021). *Frijol Calima*. Fenalce.co. <https://fenalce.co/producto/frijol-calima/>
- Fenalce. (2021, 19 septiembre). *Fenalce apoya emprendimiento para producción comercial de enmiendas orgánicas*, *Fenalce*. FENALCE.CO.
<https://www.fenalce.co/noticias/fenalce-apoya-emprendimiento-para-produccion-comercial-de-enmiendas-organicas>.
- Fenalce. (2022, 9 marzo). *Revista El Cerealista - Fenalce*. *Fenalce - Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya*. <https://fenalce.co/revista-el-cerealista/>
- Flores, V. M. (2022, 28 marzo). *Beneficios y Efecto del Ácido Fúlvico para las Plantas*. *Fitochem*. https://fitochem.com/2019/06/10/beneficios-efectos-de-acidos-fulvicos-para-agricultura-mexico/?gclid=CjwKCAjw7vuUBhBUEiwAEdu2pG_PTgYSYmV6Rgx8aSEmtMkBntkLk-XLdA3b5eyNr7pAkSygJ_5h0RoCKcQQA vD_BwE
- Fundación Empresas Polar. (2015). *¿cómo crecen y se desarrollan las plantas y que necesitan para ello?* bibliofep.fundacionempresapolar.org/.
https://bibliofep.fundacionempresapolar.org/media/219626/crec_desarrollo_vegetal_li bro_docente_3_leccion.pdf

Gallo Ruiz, C. J. (2018). “*EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE GRANO EN FRIJOL LOCTAO (Vigna radiata L.) BAJO EFECTO DE DIFERENTES MOMENTOS DE APLICACIÓN FOLIAR Y DOSIS DE ÁCIDO HÚMICO. VALLE DEL MEDIO PIURA. 2018*”. repositorio.unp.edu.pe.
<https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1286/AGR-GAL-RUI-18.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

G.E.W.E.B. Chicamocha News. (2021, 10 junio). Ácidos húmicos y fúlvicos para contribuir a la Recarbonización de los suelos del mundo. *chicamochanews*.
<https://www.chicamochanews.net/2021/06/acidos-humicos-y-fulvicos-para.html>

ICA. (2004). *RESOLUCIÓN No. 00375 (27 de febrero de 2004)*. Ica.gob.co, de
<https://www.ica.gov.co/normatividad/normas-ica/resoluciones-oficinas-nacionales/resoluciones-derogadas/resolucion-375-de-2004.aspx>

Intagri. (2020). *Sustancias Húmicas: Origen, Caracterización Y Uso En La Agricultura | Intagri S.C.* <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/acidos-humicos-fulvicos-nutricion-vegetal>

Ipbes. (2019). *Comunicado de prensa: La degradación del suelo a nivel mundial empeora y ahora es «crítica», poniendo en riesgo el bienestar de 3200 millones de personas*. IPBES Secretariat. <https://ipbes.net/news/comunicado-de-prensa-la-degradaci%C3%B3n-del-suelo-nivel-mundial-empeora-y-ahora-es-cr%C3%ADtica-poniendo>

Jisa, Jicola Industrial S.A. (2018, 27 junio). *La Leonardita*. ACIDOS HUMICOS: Fertilizantes agrícolas Jisa. de <https://www.acidoshumicos.com/la-leonardita/>.

Legua Cárdenas, J., Espinoza García, J., Cruz Nieto, D., Espinoza Montesinos, F., Ramírez Maldonado, J. y Espinoza Montesinos, E. (2019). Prueba de ensayo de ácido húmico, para la producción de frijol castilla (*Vigna unguiculata* L.), en el campo experimental de los anitos provincia de Barranca. *Aporte Santiaguino*, 11(2), pág. 287-298. <https://doi.org/10.32911/as.2018.v11.n2.582>

MAMANI TACO, F. I. (2016). *evaluación agronómica de seis variedades de frijol (phaseolus vulgaris l.), con la incorporacion de dos tipos de abonos organicos en el cantón capiñata – INQUISIVI*. repositorio.umsa.bo. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10500/T-2337.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Martínez Rosero, A. F. (2011). *Efecto de la aplicación de cinco ácidos húmicos en el cultivo de dos variedades de frejol (Phaseolus Vulgaris L) en Carpuela, Imbabura ., Universidad Técnica del Norte,.* <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/228>

MYCSAag. (2021, 31 agosto). *La importancia de los Ácidos Húmicos y Fúlvicos en la agricultura y nuestros suelos. - Mycsa Ag | Publicaciones*. Mycsa Ag | Publicaciones - Facilitamos el desarrollo de una agricultura orgánica sustentable. https://mycsainc.com/newsletter/blog/2021/03/03/la-importancia-de-los-acido-humicos-y-fulvicos-en-la-agricultura-y-nuestros-suelos/?gclid=CjwKCAjw8KmLBhB8EiwAQbqNoNEvi9K1DxLqxYSHF4I9xhH901zWREKe5LifU62PNxhqzW7u728_sRoCXQYQAvD_BwE

- MOLINA, L., & LOZANO, L. (2016). *Vista de La Desertificación del Suelo, Aspectos y Estrategias de Lucha | Publicaciones e Investigación*. hemeroteca.unad.edu.co.
<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/1591/1938#:~:text=Las%20cifras%20de%20Colombia%20resultan,m%C3%A1s%20afectados%20con%2093.3%25%20y>
- Portafolio (2019b, junio 5). Philip Morris, fabricante de Marlboro, cierra sus plantas en Colombia. *Portafolio.co*. <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/philip-morris-fabricante-de-malboro-cierra-sus-plantas-en-colombia-530287>.
- Portafolio (2020, 21 agosto). British American Tobacco cierra operación agrícola en Colombia. *Portafolio.co*. <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/british-american-tobacco-cierra-operacion-agricola-en-colombia-543860>.
- Reyes, J., Acosta, E. A., Arrebato, M., Rodríguez, A. T., & Rodríguez, A. F. (2020). View of Effect of humic acids, mycorrhiza, and chitosan on growth indicators of two tomato cultivars (*Solanum lycopersicum* L.). *Terralatinoamericana*, 38 n° 3 2020(Especial.).
<https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/671/1210>
- Reyes-Pérez, J. J., Herrada, M. R., Solórzano, A. E., Carballo, F. J., Vega, G. L., & Ruiz, F. H. (2021, 30 abril). Application of humic acids, chitosan and mycorrhizal fungus influence pepper growth and development | REVISTA TERRA LATINOAMERICANA. *Terralatinoamericana*, 39 (2021)(Artículo científico).
<https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/833>
- Rosas, U. J. (2018, 11 septiembre). *Importancia económica del fríjol en Colombia*. Repository.Agrosavia.Co. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13911>

Valero-Valero, Nelson-Osvaldo, Vergel-Castro, Claudia-Marcela, Ustate, Yeison, y Gómez-Gómez, Liliana-Cecilia. (2021). Bioestimulación de frijol guajiro y su simbiosis con *Rhizobium* por ácidos húmicos y *Bacillus mycoides*. *Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 19 (2), 119-134. Publicación electrónica 30 de junio de 2021. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v19.n2.2021.1608>

Vanegas, H. (2021). *FENALCE APOYA EMPRENDIMIENTO PARA PRODUCCION COMERCIAL DE ENMIENDAS ORGANICA*. www.fenalce.org.
https://www.fenalce.org/archivos/fenalce_emprendimiento_enmiendas_organicas.pdf

Anexos



Anexo 2: etiqueta de producto Agro Humicol.



Anexo 4: bloques de tratamientos.



Anexo 1: prueba de germinación.



Anexo 3: pesado de fertilizante a aplicar.



Anexo 6: preparación de mezcla para aplicación al suelo.



Anexo 5: seguimiento a parcela experimental.



Anexo 7: fertilizante sembraron



Anexo 8: toma de datos en libro de campo.



Anexo 9: toma de diámetros de copa.



Anexo 10: bloque completo en floración.



Anexo 12: planta en floración.



Anexo 11: seguimiento y recolección de datos.



Anexo 13: conteo de vainas en producción.